

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001085272  
PUBLICATION DATE : 30-03-01

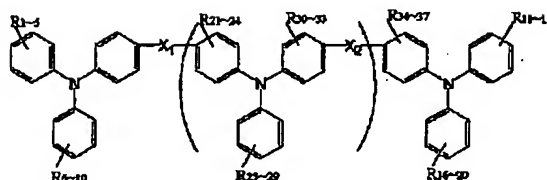
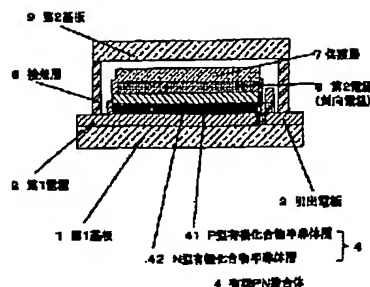
APPLICATION DATE : 12-11-99  
APPLICATION NUMBER : 11322626

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : FUKUYAMA MASAO;

INT.CL. : H01G 7/06

TITLE : VARIABLE CAPACITOR



**ABSTRACT :** **PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a variable capacitor which is low in loss and excellent in frequency characteristics by a method wherein a first and a second electrode are arranged confronting each other as being insulated from each other, and an organic P-N junction where a P-type organic compound semiconductor layer is brought into area contact with an N-type organic compound semiconductor layer is sandwiched in between the first and second electrode.

**SOLUTION:** A variable capacitance capacitor has such a structure where an organic P-N junction 4 is laminated on a plate-like first electrode 2, and a second electrode 6 laminated on the junction 4 confronting the first electrode 2. A P-type organic compound semiconductor 41 and an N-type organic compound semiconductor layer 42 are brought into area contact with each other to form the organic P-N junction 4. The organic compound semiconductor layer 41 is of P-type or has a function to transfer holes, and polytriphenylamine compound shown by a formula has a function to transfer holes. In the formula, R1 to R37 each denotes a hydrogen atom, a methyl group, an ethyl group, and an isopropyl group respectively, X1 and X2 are separately selected out of a methylene group and a thioether group, and (n) is one or more.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-85272

(P2001-85272A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 G 7/06

識別記号

F I

H 0 1 G 7/06

テ-マ-ド\*(参考)

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-322626

(22) 出願日 平成11年11月12日 (1999. 11. 12)

(31) 優先権主張番号 特願平11-200109

(32) 優先日 平成11年7月14日 (1999. 7. 14)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 渡辺 久芳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 堀 義和

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 福山 正雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

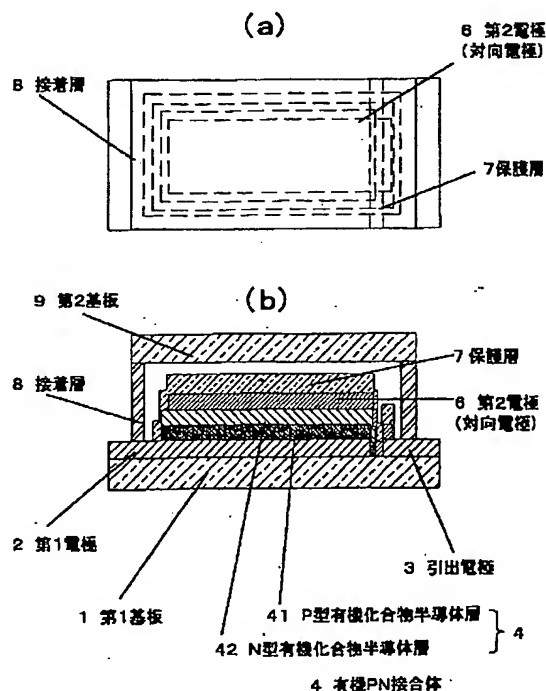
弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 可変容量コンデンサ

(57) 【要約】

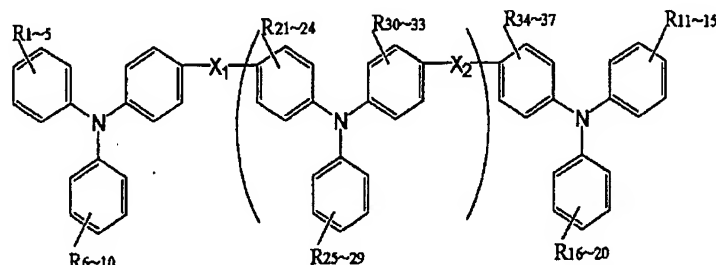
【課題】 可変静電容量値の大容量化や高い容量精度の実現そして、少量多品種の対応が容易で、低電圧で動作し低損失で周波数特性が良好な可変容量コンデンサを提供すること

【解決手段】 互いに絶縁されて対向する一対の第1電極2と第2電極6との間に、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とが面接触した有機PN接合部4が挟まれている、可変容量コンデンサ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに絶縁されて対向する一対の第1電極(2)と第2電極(6)との間に、P型有機化合物半導体層(41)とN型有機化合物半導体層(42)とが面接触した有機PN接合体(4)が挟まれている、可変容量コンデンサ。



(ここで、 $R_1 \sim R_{37}$ はそれぞれ独立して水素、メチル基、エチル基、およびイソプロピル基からなる群から選択され、 $X_1$ および $X_2$ は、それぞれ独立して、なし、メチレン基、およびチオエーテル基からなる群から選択され、 $n$ は1以上である)。

【請求項3】 前記 $R_1 \sim R_{37}$ はいずれも水素である、請求項2に記載の可変容量コンデンサ。

【請求項4】 前記 $R_1$ 、 $R_6$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{15}$ のいずれか1つがメチル基であり、残りの $R$ がいずれも水素である、請求項2に記載の可変容量コンデンサ。

【請求項5】 前記N型有機化合物半導体層(42)に含まれるN型有機化合物の少なくとも1つが、無置換またはメチル基、エチル基、イソプロピル基、あるいはターシャリブチル基置換トリス(8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-メチル-8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-フェナントリジノラート)アルミニウム、トリス(10-ベンゾキノリノラート)アルミニウム、ビス(10-ベンゾキノリノラート)ベリリウム、1,4-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ベンゼン、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ジフェニル、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)テルフェニル、および4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)クアテルフェニルからなる群から選択される、請求項1から4までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項6】 前記P型有機化合物半導体層(41)またはN型有機化合物半導体層(42)の少なくとも一方に、0.1重量%以上5重量%以下の不純物がドーパされている、請求項1から5までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項7】 前記P型有機化合物半導体層(41)の厚み( $T_p$ )およびN型有機化合物半導体層(42)の厚み( $T_n$ )がそれぞれ10nm以上100nm以下であり、 $T_p + T_n \geq 50$ nmである、請求項1から6までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項8】 前記各第1電極(2)および第2電極

【請求項2】 前記P型有機化合物半導体層(41)に含まれるP型有機化合物の少なくとも1つが、以下の化1により表されるポリトリフェニルアミン化合物である、請求項1に記載の可変容量コンデンサ；

【化1】

(6)の面積抵抗値が $0.7 \Omega/\square$ 以上 $10 \Omega/\square$ 以下である、請求項1から7までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項9】 前記第1電極(2)および第2電極(6)のいずれか一方の電極が、0.1重量%以上5重量%以下のリチウムを含有するアルミニウムからなる、請求項1から8までに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項10】 P型有機化合物半導体層(41)の厚みとN型有機化合物半導体層(42)の厚みとが異なり、印加電圧0Vを境として、正極側と負極側との間で印加電圧に対する静電容量の変化量の大きさが異なる、請求項1から8までに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項11】 前記一対の第1電極(2)および第2電極(6)が、対向する一対の第1基板(1)と第2基板(9)との間に挟まれると共に、前記第1基板(1)および第2基板(9)の周囲が接着層(8)により封止されている、請求項1から10までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項12】 前記第1基板(1)と第2基板(9)との間に、複数のPN有機接合体(41)が挟まれている、請求項11に記載の可変容量コンデンサ。

【請求項13】 前記接着層(8)の熱変形温度が70℃以上である、請求項1から12までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

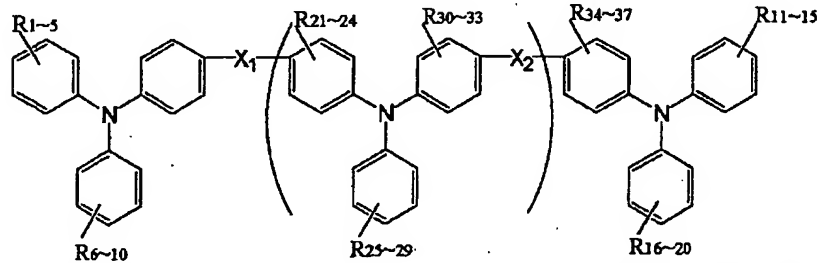
【請求項14】 前記P型有機化合物半導体層(41)と前記N型有機化合物半導体層(42)との接触面積が $0.02 \text{ mm}^2$ 以上である、請求項1から13までのいずれかに記載の可変容量コンデンサ。

【請求項15】 請求項1から14までに記載の可変容量コンデンサを備えた携帯用機器。

【請求項16】 平板状の第1電極(2)上に、P型有機化合物半導体を積層してP型有機化合物半導体層(41)を形成するP型半導体層形成工程、前記P型有機化合物半導体層(41)上に、N型有機化合物半導体を積層してN型有機化合物半導体層(42)を形成するN型半導体層形成工程、および前記第1電極(2)に向かい

合うように、前記N型有機化合物半導体層(42)上に第2電極(6)を設ける対向電極形成工程、を包含する、可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項17】 前記P型有機化合物半導体層(41)に含まれるP型有機化合物の少なくとも1つが、以下の



(ここで、 $R_1 \sim R_{37}$ はそれぞれ独立して水素、メチル基、エチル基、およびイソプロピル基からなる群から選択され、 $X_1$ および $X_2$ は、それぞれ独立して、なし、メチレン基、およびチオエーテル基からなる群から選択され、 $n$ は1以上である)。

【請求項18】 前記 $R_1 \sim R_{37}$ はいずれも水素である、請求項17に記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項19】 前記 $R_1$ 、 $R_6$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{16}$ のいずれか1つがメチル基であり、残りの $R$ がいずれも水素である、請求項17に記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項20】 前記N型有機化合物半導体層(42)に含まれるN型有機化合物の少なくとも1つが、無置換またはメチル基、エチル基、イソプロピル基、あるいはターシャリブチル基置換トリス(8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-メチル-8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-フェナントリジノラート)アルミニウム、トリス(10-ベンゾキノリノラート)アルミニウム、ビス(10-ベンゾキノリノラート)ベリリウム、1, 4-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ベンゼン、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)テラフェニル、および4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)クアテラフェニルからなる群から選択される、請求項16から19までのいずれかに記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【請求項21】 前記P型半導体層形成工程の前に、前記第1電極(2)を第1基板(1)上に形成する電極形成工程、

前記対向電極形成工程の後に、周囲に接着剤を塗布した第2基板(9)と第1基板(1)とを貼り合わせて前記接着剤を硬化させる工程、をさらに包含する、請求項16から20までのいずれかに記載の可変容量コンデンサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、可変容量コンデン

サに関し、より詳細には、静電容量を直流バイアス電圧で調整することが要求される電子機器および電気機器に使用される可変容量コンデンサであって、低電圧で動作するだけでなく、低損失かつ周波数特性が良好な可変容量コンデンサに関する。

【化2】

【0002】 従来の技術】 近年、屋外で使用される携帯用の電子機器あるいはコンピュータ関連の電子機器および電気機器が多用されている。これらの電子機器等に用いられる部品として、発信周波数を微調整等するために、レーザートリミングにより電極面積を調整して静電容量値を調整するレーザートリマブルコンデンサが多用されてきている。

【0003】

以下、従来のレーザートリマブルコンデンサの構造を図5に基づいて説明する。図5(a)はレーザートリマブルコンデンサの上面図、図5(b)は図5(a)のA-A'断面図である。

【0004】 図5(b)に示すように、セラミック基板51の片面上に、所定の間隔を保って離間することにより電気的に絶縁された銀ペーストからなる内部電極52・53が形成されている。この平行に配置された内部電極52・53上にセラミックからなる誘電体54を配設し、この上面に金ペーストからなる中間電極55が形成されている。

【0005】 上記コンデンサの左右側面にはそれぞれ外部電極56・57が形成されており、外部電極56には内部電極52が接続され、外部電極57には内部電極53がそれぞれ接続されている。このように、上記コンデンサは、外部電極56と外部電極57との間に、内部電極52と中間電極55とからなるコンデンサと、内部電極53と中間電極55とからなるコンデンサが直列に接続された複合コンデンサとなっている。

【0006】 図5(b)に示すように、中間電極55は外部に露出しており、耐湿性および耐熱性が求められるため、金ペーストから形成されている。この中間電極55をレーザービームで焼き切り、中間電極55の面積を小さくすることによって、直列に配置された二つのコンデ

ンサの一方または両方の静電容量値を小さくすることができる。その結果、このようなコンデンサは、その静電容量値が元の値より小さくなるため、可変容量コンデンサとして使用されてきた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来のレーザートリマブルコンデンサの調整方法は、1つのコンデンサのみで静電容量値を測定しながら調整するのではなく、レーザートリマブルコンデンサが組込まれた回路の信号を取出し、その信号を必要な信号となるように、たとえば周波数を取り出すとすると、決められた周波数となるようにトリミングする。まず、図4に示すように、複数のレーザートリマブルコンデンサをマトリックス状に並べるようにして基板回路に組み込み、回路を完成させる。次に基板回路に通電し、信号を取出す。次に、取り出された信号を見ながら、レーザートリマブルコンデンサの中間電極5を、集光したYAGレーザーにより少しずつ蒸発させて焼き切るトリミングを行い、取り出される信号を必要な信号値に少しずつ近づけていく。そして、最終的に当該信号が所定の数値範囲に入った時にトリミング作業が完了する。

【0008】このように、トリミング作業は時間がかかり、またレーザーで焼き切り過ぎてしまったときには、静電容量を元に戻せないなどの課題を有していた。

【0009】この課題を解決するために、一般的なメカニカルトリミングコンデンサや、電圧可変容量型コンデンサを用いる方法が考えられる。しかし、前者は回転可能な対抗電極の回転により面積や見かけ上での比誘電率または等価的な電極間隔を制御して行う。具体的には、その際の摩擦で位置決めを行う。従って、振動や温度変化に対し摩擦力の変化が生じ、静電容量値のずれを招く。後者としてはいわゆるダイオードが挙げられるが、必要な初期の比較的大きな静電容量値を得るためには精密な工程条件の変更や広い半導体面積が要求され、技術

的・コスト的に対応が困難であった。また、チタン酸バリウム系の強誘電体材料を用い、電界強度を増加させることによる比誘電率低下減少を利用する方法もあるが、現在製造できる技術では10V以上の直流電圧を印加する必要がある、また焼成してできた材料の初期比誘電率と電圧依存性のばらつきは大きく、精密な静電容量値を提供できるものではなかった。

【0010】特開平10-256085号公報には、セラミック基板上に下部電極層、第1の誘電体層、第2の誘電体層、および上部電極層を順に積層した容量可変素子が開示されている。しかし、この公報では、第1の誘電体層および第2の誘電体層に用いられる化合物として、タンタルおよびチタン酸ストロンチウムなどの無機化合物が開示されているのみであり、誘電体層として有機化合物を用いて容量可変コンデンサを得ることは開示も示唆もされていない。

【0011】本発明は上記従来の問題点を解決するためになされ、可変静電容量値の大容量化や高い容量精度の実現そして、少量多品種の対応が容易で、低電圧で動作し低損失で周波数特性が良好な可変容量コンデンサを提供することを目的とする。

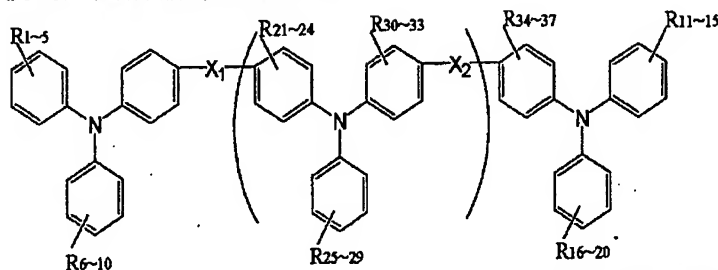
【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明に係る可変容量コンデンサは、互いに絶縁されて対向する一対の第1電極2と第2電極6との間に、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とが面接触した有機PN接合体4が挟まれている。

【0013】P型有機化合物半導体層41に含まれるP型有機化合物の少なくとも1つは、以下の化3により表されるポリトリフェニルアミン化合物であることが好ましい。

【0014】

【化3】



【0015】ここで、 $R_1 \sim R_{37}$ はそれぞれ独立して水素、メチル基、エチル基、およびイソプロピル基からなる群から選択され、 $X_1$ および $X_2$ は、それぞれ独立して、なし、メチレン基、およびチオエーテル基からなる群から選択され、 $n$ は1以上である。好ましくは、 $R_1 \sim R_{37}$ はいずれも水素であるか、または $R_1$ 、 $R_6$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{16}$ のいずれか1つがメチル基であり、残りのRがいずれも水素である。

【0016】N型有機化合物半導体層42に含まれるN型有機化合物の少なくとも1つは、無置換またはメチル基、エチル基、イソプロピル基、あるいはターシャリブチル基置換トリス8-キノリノラートアルミニウム、トリス4-メチル-8-キノリノラートアルミニウム、トリス4-フェナントリジノラートアルミニウム、トリス10-ベンゾキノリノラートアルミニウム、ビス10-ベンゾキノリノラートベリリウム、1,4-ビス2,2

ージフェニルビニルベンゼン、4, 4'-ビス2, 2-ジフェニルビニルビフェニル、4, 4'-ビス2, 2-ジフェニルビニルテルフェニル、および4, 4'-ビス2, 2-ジフェニルビニルクアテルフェニルからなる群から選択されることが好ましい。

【0017】また、P型有機化合物半導体層41またはN型有機化合物半導体層42の少なくとも一方に、0.1重量%以上5重量%以下の不純物がドーパされているもよい。

【0018】1つの実施の態様においては、P型有機化合物半導体層41の厚み $T_p$ およびN型有機化合物半導体層42の厚み $T_n$ はそれぞれ10nm以上100nm以下であり、 $T_p + T_n \geq 50$ nmである。

【0019】各第1電極2および第2電極6の面積抵抗値は $0.7 \Omega/\square$ 以上 $10 \Omega/\square$ 以下であることが好ましい。また、第1電極2および第2電極6のいずれか一方の電極は、0.1重量%以上5重量%以下のリチウムを含有するアルミニウムからなることが好ましい。

【0020】P型有機化合物半導体層41の厚みとN型有機化合物半導体層42の厚みとを異ならせたときには、印加電圧0Vを境として、正極側と負極側との間で印加電圧に対する静電容量の変化量の大きさを変化させることができる。

【0021】1つの実施の態様においては、一对の第1電極2および第2電極6が、対向する一对の第1基板1と第2基板9との間に挟まれると共に、第1基板1および第2基板9の周囲が接着層8により封止されている。また、第1基板1と第2基板9との間に、複数のPN有機接合体41が挟まれていてもよい。

【0022】接着層8の熱変形温度は70℃以上であることが好ましい。また、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42との接触面積は $0.02 \text{ m}^2$ 以上であることも好ましい。このような本発明に係る可変容量コンデンサを備えた携帯用機器も本発明の趣旨に含まれる。

【0023】上記課題を解決する本発明に係る可変容量コンデンサの製造方法は、平板状の第1電極2上に、P

型有機化合物半導体を積層してP型有機化合物半導体層41を形成するP型半導体層形成工程、P型有機化合物半導体層41上に、N型有機化合物半導体を積層してN型有機化合物半導体層42を形成するN型半導体層形成工程、および第1電極2に向かい合うように、N型有機化合物半導体層42上に第2電極6を設ける対向電極形成工程、を包含する。

【0024】さらに、本発明に係る可変容量コンデンサの製造方法は、P型半導体層形成工程の前に、第1電極2を第1基板1上に形成する電極形成工程、対向電極形成工程の後に、周囲に接着剤を塗布した第2基板9と第1基板1とを貼り合わせて接着剤を硬化させる工程、を包含してもよい。

【0025】

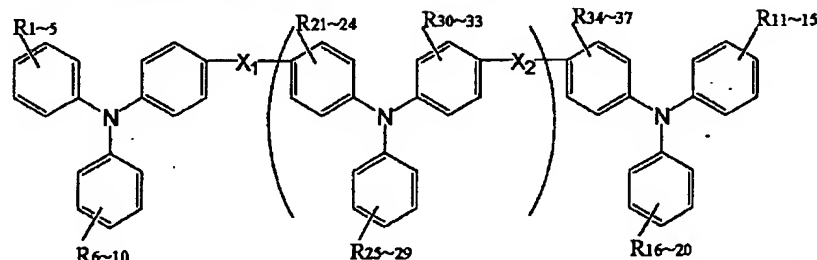
【発明の実施の形態】以下、本発明を図面と共に詳細に説明する。なお、以下の説明においては、第1電極2上にP型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42が順に積層されている。ただし、半導体層41、42の順序を逆にして、第1電極2上にN型有機化合物半導体層およびP型有機化合物半導体層を順に積層してもよい。この場合、十分とは言い難いが似たような効果が得られる。

【0026】図1(a)は本発明に係る可変容量コンデンサの平面図であり、図1(b)は図1(a)のA-A'線断面図である。図1(b)に示すように、本発明に係る可変容量コンデンサは、平板状の第1電極2上に有機PN接合体4が積層されており、有機PN接合体4上には第1電極2と対向する電極6(以下、「第2電極6」という)が積層されている。有機PN接合体4は、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とが面接触して形成されている。

【0027】有機化合物半導体層4はP型、すなわち、ホール輸送性であり、このような半導体層4に用いられるホール輸送性有機化合物としては、以下のポリトリフェニルアミン化合物が挙げられる；

【0028】

【化4】



(ここで、 $R_1 \sim R_{37}$ はそれぞれ独立して水素、メチル基、エチル基、およびイソプロピル基からなる群から選択され、 $X_1$ および $X_2$ は、それぞれ独立して、なし、メチレン基、およびチオエーテル基からなる群から選択され、 $n$ は1以上である)。

【0029】なお、各フェニル基に導入されるR基の表記について説明すると、例えば、化1において最も左に位置するフェニル基には、 $R_1$ から $R_5$ までの5つのR基が導入され得るが、特に表記または言及しない限り、 $R_1$ はオルト位、メタ位、およびパラ位のいずれであって

もよい。このように、特に表記または言及しない限り、フェニル基上のR基の位置(オルト位、メタ位、およびパラ位)は特に限定されない。

【0030】合成しやすい、入手しやすい、安価である等の理由から、 $R_1 \sim R_7$ はすべて水素であることが好ましい。また、後述するが、 $R_1$ 、 $R_8$ 、 $R_{11}$ 、および $R_{16}$ の少なくともいずれかがメチル基であることも好ましい。 $X_1$ および $X_2$ は、熱変形温度を向上させることができるという観点から、それぞれ独立して、なしであることが好ましい。 $n$ は4以下であることが好ましく、1または2であることがより好ましい。

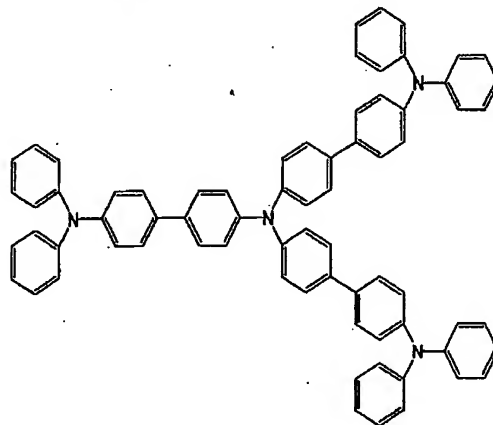
【0031】ポリトリフェニルアミン化合物は、特定のモノマーを重合させて合成することができない。そのため、ベンゼン等を出発材料として使用し、炭素-炭素結合を得るためにWurtz-Fittig反応を利用したり、塩化ベンジル等と脱塩酸反応とを利用することによって $X_1$ および $X_2$ としてメチレン基を導入したり、

ニトロクロロベンゼンに硫化ナトリウムを作用することによって $X_1$ および $X_2$ としてチオエーテル基を導入し、ニトロ基を還元してアミン化しクロロベンゼンと銅を触媒としアルカリ下で反応させてトリフェニルアミン骨格を得る等の複数の工程を得て目的の化合物を得ることができる。具体的には、特開平7-126615号公報、特開平8-100172号公報、および特開平10-025473号公報を参照のこと。なお、これらの公報においては、可変容量コンデンサについては一切、言及がない。

【0032】ポリトリフェニルアミン化合物を合成する際には、複数工程を経るため多くの異性体ならびに不純物が生成し、時に $n=3$ の場合、以下の化5および化6で表される化合物のような種々の異性体が含まれる場合がある。

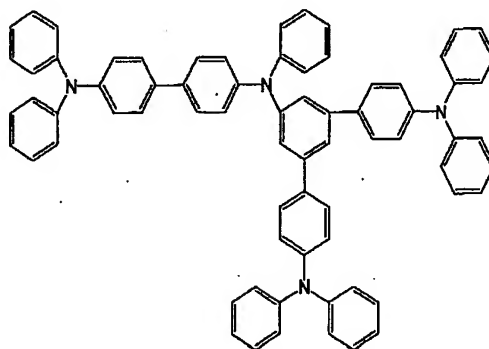
【0033】

【化5】



【化6】

【0034】



【0035】なお、多くの前記異性体や不純物を除去するため、水洗や種々の溶剤による溶解性を利用した除去工程が必要であり、0.1 Pa以下の真空中でそれぞれの材料の不純物を気化させ除去したり、さらに気化可能な場合は蒸発させ不揮発分及び難蒸発成分を分離除去しても良い。

【0036】得られたポリトリフェニルアミン化合物の

うち、分子量の低いものは真空蒸着技術による薄膜形成が可能である。真空蒸着技術による薄膜形成に適切なポリトリフェニルアミン化合物の具体的な分子量は、731(例えば、 $n=1$ 、Rはすべて水素)以上1217(例えば、 $n=3$ 、Rはすべて水素)以下である。

【0037】一方、分子量が1460(例えば、 $n=4$ 、Rはすべて水素)を超えるポリトリフェニルアミン



化合物は、真空蒸着技術による薄膜形成を行う際に、高い蒸発レート(約500℃以上)で加熱すると分解してしまう。低い蒸発レートの温度(約420℃から約480℃程度)で加熱すれば蒸着による薄膜形成も可能であるが、非常に薄膜形成に時間がかかるため、非常に生産性が低くなる。そのため、このようなポリトリフェニルアミン化合物の場合には、溶剤コーティング法によりポリトリフェニルアミン化合物からなる薄膜を形成することが好ましい。このような溶剤コーティング法では、短時間で薄膜を形成することができるので、非常に生産性が高くなる。なお、溶剤コーティング法では、膜厚を100nm未満にすることが困難であるので、100nm未満の膜厚が所望される場合には、真空蒸着を行うことが好ましい。

【0038】溶剤コーティング法においては、N-メチルピロリドン等からなる溶剤へのポリトリフェニルアミン化合物の溶解性を高めるために、 $R_1$ 、 $R_6$ 、 $R_{11}$ 、および $R_{16}$ の少なくとも1つにメチル基、エチル基、イソプロピル基、ターシャリブチル基を導入して置換ポリトリフェニルアミン化合物とすることが好ましい(なお、この場合、その他のRはすべて水素である)。この置換基としてはメチル基が好ましい。

【0039】有機化合物半導体層5はN型、すなわち、電子輸送性であり、このような半導体層5に用いられる電子輸送性有機化合物としては、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-メチル-8-キノリノラート)アルミニウム、トリス(4-フェナントリジノラート)アルミニウム、トリス(10-ベンゾキノリノラート)アルミニウム、ビス(10-ベンゾキノリノラート)ベリリウム、1,4-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ベンゼン、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ピフェニル、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)テルフェニル、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)クアテルフェニルが挙げられる。

【0040】この中でも、熱的および電気的に安定であるという観点から、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム、および4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)テルフェニルが好ましい。これらの電子輸送性有機化合物は、その一部の水素がメチル基、エチル基、イソプロピル基やターシャリブチル基に置換されていてもよいが、置換されていない(すなわち、無置換である)ことが好ましい。

【0041】本発明者らによれば、P型有機化合物としてポリトリフェニルアミン化合物を用い、そしてN型有機化合物として上記のような電子輸送性有機化合物を用いたP型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42とを面接触することによって有機PN接合体4を形成し、P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42にそれぞれ面接触するように有機P

N接合体4を挟む電極2,6を設けると、この電極2,6の間では、その間の印加電圧により蓄積される静電容量を変化させることができ、コンデンサとして利用できることが見いだされた。さらに、このような有機PN接合体4においては、保存温度および動作温度を70℃から85℃程度まで非常に高くできることも見出された。

【0042】P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の接触面積は0.02mm<sup>2</sup>以上であることが好ましい。大面積基板上に数万個を超える複数の可変容量コンデンサを配設する場合には、一平面に配設される電極2,6自体が実質的にコンデンサとなって数pFの静電容量を有するため、可変容量コンデンサの対向面積を0.02mm<sup>2</sup>未満にした場合、静電容量値の変化幅は10%以下になり、可変容量コンデンサとしての価値が低くなってしまう場合がある。

【0043】P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の少なくとも一方に有機化合物または無機化合物をドーピングすることにより、電圧印加による静電容量の変化幅を約0.5%から約10%程度、拡大・縮小することができる。ドーピングに用いられる化合物は、半導体層41,42中の有機化合物に対して0.1重量%から5重量%までの範囲でドーピングされることが好ましく、2重量%から3重量%までの範囲でドーピングされることがより好ましい。ドーピングに適した有機化合物としては、ルブレン、クマリン、1,2-(4,4'-ジフェニルアニリノ)エチレン、および4-(ジシアノメチレン)-2-トープチル-6-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリドイル-9-エンイル)-4H-ピランを挙げることができる。これらの有機化合物は単独でも2種類以上組み合わせて用いても良い。ドーピングの方法としては、P型およびN型有機化合物半導体の蒸着時に同時蒸着により加えたり、溶剤コーティングの直前に混ざる等の方法が挙げられる。

【0044】コンデンサの定格電圧は直流で2.5V以下の要望が多く、厚みを厚くする必要はほとんどない。そのため、P型有機化合物半導体層41の厚み $T_p$ およびN型有機化合物半導体層42の厚み $T_n$ はそれぞれ一般的に10nmから100nmまでの間の任意の値から選ばれ、共に、P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の厚みの和( $T_p+T_n$ )を50nm以上とすることで直流定格電圧2.5Vの可変容量コンデンサが得られる。 $(T_p+T_n)$ が50nm未満である場合には、2.5Vの直流電圧に耐えられず、絶縁破壊が生じ、実用に耐えない。一方、上記厚み $T_p$ 、 $T_n$ 、および $(T_p+T_n)$ が所定範囲にある場合には、印加電圧を-2.5Vから+2.5Vまでの範囲で変化させても、図2(a)に示すような静電容量の変化が認められる。さらに、膜厚のむらを±10%以内に抑え、さらに静電容量の公差を10%以内とすれば、歩留まりを90%以上にすることができる。

【0045】本発明に係るコンデンサは直流バイアスにより静電容量が決まる可変容量コンデンサであるため、トリミングのバイアス電圧は自動設定になっていたり、バイアス電圧の調整範囲が狭いことが多い。そのため、初期の静電容量値に求められる精度が高い。設定された有機PN接合体4の厚みと、実際に作成される有機PN接合体4の厚みとは、PN接合面積が $0.02\text{mm}^2$ から $0.05\text{mm}^2$ までの間は、ほとんど同一の厚みであるが、例えば、PN接合面積が $6400\text{mm}^2$ である場合には、中心付近の厚みに対して、周囲の厚みがその70%程度になってしまう場合がある。

【0046】このように、PN接合面積が大きくなるほど膜厚にむらが生じ易くなり、この膜厚のむらにより初期静電容量値が大きくばらつく。一般的にこのコンデンサの初期静電容量値(0Vにおける静電容量)のばらつきは $\pm 10\%$ 以内であることが求められるため、膜厚のむらは小さいことが必要である。本発明者らは、電極2、6が対向する対向面積内の有機PN接合体4の膜厚のむらを $\pm 10\%$ 以内に抑えることが必要であることを見出した。対向面積をさらに大きくした場合でも、有機PN接合体4の膜厚のむらは、 $\pm 10\%$ 以内に抑えることが要求される。

【0047】(厚みの比率について)さらに本発明者らは、P型有機化合物半導体層41とN型有機化合物半導体層42との間の厚みの比を変化させることにより、印加電圧に対する静電容量の変化量の大きさを変えることができることを見出した。具体的には、P型有機化合物半導体層41の厚みとN型有機化合物半導体層42の厚みを異ならせることにより、図2(b)に示すように、0Vを境として、正極側と負極側との間で上記印加電圧に対する静電容量の変化量の大きさ(図2(b)における傾き)を変えることができる。すなわち、正極側における傾きと、負極側における傾きとを変えることができる。正極側の傾きを大きくするためには、P型有機化合物半導体層41を薄くして、N型有機化合物半導体層42を厚くする。負極側の傾きを大きくするためには、P型有機化合物半導体層41を厚くして、N型有機化合物半導体層42を薄くする。具体的な厚みの比は、1:4~4:1である。なお、一方の半導体層41、42が極端に薄い(例えば、10nm未満)場合には、耐電圧性が低下するおそれが高い。

【0048】P型有機化合物半導体層41およびN型有機化合物半導体層42の厚みを厚くすることで、有機PN接合体4の耐電圧性を向上させることができる。具体的には、有機PN接合体4の厚みを200nm以上にした場合には、印加電圧をDC10V以上にする事ができ、短時間における電圧印加であれば、印加電圧をDC30Vにすることもできる。一方、有機PN接合体4の厚みを10nm未満とした場合には、耐電圧がDC2.5V未満となり著しく低下してしまう傾向がある。

【0049】(第1電極2について)次に第1電極2は、直接大気にさらされ、外部引出し電極として使用され、耐候性、耐酸性および耐湿性等の高信頼性が要求されるため、白金、金等を含んだ貴金属薄膜か、またはインジウム錫酸化物、窒化硼素等を含む導電性セラミック薄膜からなることが好ましい。このとき、薄膜の厚みはコンデンサの特性に影響を与える。すなわち、第1電極2が低抵抗体として作用するため、等価回路がCR直列回路となり、第1電極2の厚みが薄くなると抵抗値が高くなり、価直列抵抗値が高くなるためバイパスコンデンサまたは共振用のコンデンサとして使い難くなる。逆に電極厚みが厚くなると抵抗値が下がり、コンデンサとして非常に好ましい特性となる。具体的には、貴金属薄膜が用いられる場合には、10nm以上100nm以下であることが好ましく、導電性セラミック薄膜が用いられる場合には、100nm以上400nm以下であることが好ましい。

【0050】ここまでは、薄膜の厚みによる直接的な影響を説明してきたが、第1電極2の抵抗値は、膜厚以外に電極の形成方法、熱処理による電極の状態、不純物そして酸素含有量により左右される。最終的な抵抗値は面積抵抗値に換算して $0.7\Omega/\square$ 以上 $10.0\Omega/\square$ 以下であることが好ましい。第1電極2および引出電極3の面積抵抗値が $10.0\Omega/\square$ を超える場合には、本発明に係る可変容量コンデンサの損失角に悪影響が生じ得る場合がある。一方、第1電極2の厚みを大きくしてその面積抵抗値を $0.7\Omega/\square$ 未満とした場合には、厚みの増加による電極の物理的応力のため、耐圧が低下してしまう。

【0051】さらに、第1電極2の厚みを増やして抵抗値(面積抵抗値)を減らそうとして比抵抗値が大きい導電性セラミック薄膜を第1電極2および引出電極3として使用した場合、第1電極2の厚みのむらが大きくなり、厚みむらが生じている部分の第1電極2上に形成される半導体層41、42の耐電圧を維持し難くなるため、第1電極2の実用的な抵抗値は面積抵抗値に換算して $7.0\Omega/\square$ 以上 $10.0\Omega/\square$ 以下である。従って、 $7.0\Omega/\square$ 以下の面積抵抗値が必要な場合は、第1電極2を貴金属から形成することが好ましい。なお、第1電極2を貴金属薄膜から形成した場合、その面積抵抗値が $7.0\Omega/\square$ を超えると不安定となり、信頼性が低下するおそれがある。なお、後述する引出電極3についても上記と同様のことが言える。また、いうまでもないが、第1電極2および引出電極3は平板状である。

【0052】(第2電極6について)一般的なコンデンサにおいては、第2電極6はアルミニウムから形成されることが多い。しかし、本発明の場合、静電容量を変化させるためには4V前後のバイアス電圧が必要であるため、低いバイアス電圧で静電容量を可変にするためには、アルミニウムにリチウムを加えることが好ましいこ

とが見いだされた。もちろんリチウム100%であってもかまわないが(この場合、第2電極6そのものがリチウムから形成されることになる)、リチウムは水と反応し易く、腐食により静電容量値がすぐ低下するなどの取り扱い難い欠点を有する。さらに、耐湿性を最も効率よく向上させるために、リチウムと表面に反応が進行し難い酸化保護膜ができるアルミニウムとの同時蒸着組成物とすることが本発明者らにより見いだされた。また、リチウムの添加量が5重量%を超えるとでは耐湿性が急激に悪くなり、0.1重量%未満では必要なバイアス電圧が不安定となり必要な電圧が増加する傾向がある。具体的には、リチウムが0.1重量%未満である場合には、静電容量が変化する電圧の幅が-4Vから+4V程度まで広がる。従って、通常、要求されているように、静電容量が変化する電圧の幅を約-2.5Vから+2.5V程度にするためには、アルミニウムに対するリチウムの含有量は、0.1重量%以上5重量%以下であることが好ましい。もちろん、静電容量が変化する電圧の幅が-4Vから+4V程度まで広げた可変容量コンデンサが必要とされた場合には、リチウムの含有量を0.1重量%未満とすればよい。なお、第2電極6も第1電極2と同様、平板状である。

【0053】(保護層7について) 湿気および酸素の侵入・拡散を遅らせて第1電極2、引出電極3、および第2電極6、ならびに有機PN接合体4を保護するため、第2電極6の表面からこれらを覆うような保護層7が形成されることが好ましい。このような保護層7としては、厚み100nm以上500nm以下の酸化ゲルマニウムおよび二酸化シリコンからなる層が挙げられる。

【0054】1つの実施態様において、図1(b)に示すように、上記のような一対の電極2、6およびそれに挟まれた有機PN接合体4からなる可変容量コンデンサは、周囲が接着層8によって封止された一対の第1基板1と第2基板9との間に挟まれている。

【0055】(基板1、9について) このような基板1、9としては特に限定されないが、基板内部の電極2、6および有機PN接合体4を保護するため、一対の基板1、9は、空気中の水分および酸素を透過させないものであることが好ましい。このような基板としては、例えば、ガラス板、セラミックス板、および表面を絶縁された金属板が挙げられる。一般的に薄い無機材料は割れ易いので、厚みによって採用できる面積が変わる。一般的に基板1、9の厚みが0.2mm以上0.5mm未満である場合には、基板1、9の寸法は2.0mm×1.25mmから3.2mm×2.5mm程度であり、基板1、9の厚みが0.5mm以上1.1mm以下である場合には、基板1、9の寸法は大容量コンデンサに適した4.5mm×3.2mmから100mm×100mm程度にすることができる。

【0056】(接着層8について) 一対の基板1、9の

周囲を接着する接着層8としては、一般的には室温硬化性エポキシ樹脂、紫外線硬化性樹脂が使用されるが、本発明における有機PN接合体4は、その保存温度および動作温度を70℃から85℃程度まで非常に高くできることが見出されているので、これに適した接着剤を用いることが好ましい。すなわち、このような接着層8に用いられる接着剤としては、室温硬化または紫外線硬化の後に、自己発熱による温度上昇を含め、約70℃での二次加熱硬化が可能であるものが好ましい。この場合、接着層8の熱変形温度が少なくとも70℃であるので、本発明における有機PN接合体4の保存温度および動作温度を70℃から85℃程度まで非常に高くできたことと相俟って、本発明に係る可変容量コンデンサは耐熱安定性に極めて優れる。

【0057】さらに、上記接着剤に粒径5μm以上50μm以下のアルミナまたはシリカの微粉末を加えることにより、2枚の基板1、9間に最低限の厚みを有する接着層8を確保することが容易になる。これにより、外部から侵入する湿気、酸素による有機PN接合体4へのダメージを防止し、強度や湿気の浸透しにくい封止構造が得られる。粒径が50μmを超える場合には、外部から湿気が侵入しやすくなる傾向がある。粒径が5μm未満である場合には、接着力を低下させる場合がある。

【0058】接着層8により封止された2枚の基板1、9間には、水分濃度を50ppm以下に調整した乾燥ガスを封入することが好ましい。このような乾燥ガスとしては、無機ガスおよび有機ガスが挙げられる。これらは単独でも、混合して用いられてもよい。無機ガスとしては、一般に不活性ガスと称される窒素ガス、アルゴンガス、およびネオンガスが挙げられる。有機ガスとしては炭素数が3以下のアルカン(すなわち、メタン、エタン、プロパン)、およびパーフルオロアルカンが挙げられる。

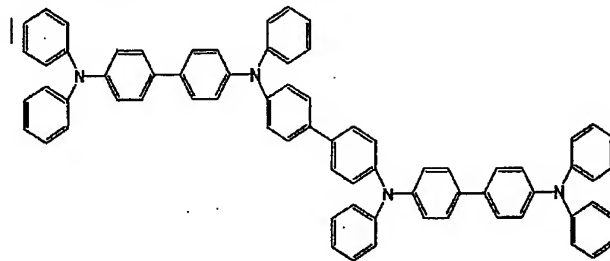
【0059】(製造方法) 図1(b)に示される本発明に係る可変容量コンデンサの製造方法について説明する。まず、第1基板1上に外部に引き出される引き出し電極としての第1電極2および引出電極3を形成する。第1電極2および引出電極3を第1基板1上に形成する方法としては、第1電極2および引出電極3が貴金属薄膜から形成される場合、蒸着またはスパッタを挙げることができ、第1電極2および引出電極3が導電性セラミック薄膜から形成される場合、蒸着、スパッタ、化学分解法(熱的分解)を挙げることができる。なお、第1基板1上の第1電極2および引出電極3は互いに絶縁されている。

【0060】次に、第1電極2上にP型有機化合物半導体層41を形成する。さらにP型有機化合物半導体層41上に、これとほぼ同じ面積を有するN型有機化合物半導体層42を形成することにより、半導体層41、42の接合面での部分も全く同一の有機PN接合体4が形

成される。半導体層41、42の形成方法は上述した通りである。

【0061】次に、必要とされる静電容量値に応じた対向面積となるように、N型有機化合物半導体層42上に蒸着により第2電極6を形成する。さらに、第2電極6と引出電極3とを電気的に接続する。第2電極6上からは、半導体層41、42等を湿気や酸素から守るための保護層7を形成する。次に、周囲に接着剤を塗布した第2基板9と第1基板1とを静かに貼り合わせて加圧することにより、本発明に係る可変容量コンデンサが作製される。なお、基板1の周囲に接着剤を塗布してもよい。このとき、乾燥ガス雰囲気下で行えば、基板1、9間に乾燥ガスを容易に封入できる。また、第2基板9を載置する際に有機PN接合体4へのダメージをできる限り低減するため、図1(b)に示すように、保護層7(または第2電極6)と第2基板9とを離間しておくことが好ましい。

【0062】上記の説明では、一対の基板1、9の間には1つのPN有機接合体41が挟まれているが、図3に示すように、2つ以上のPN有機接合体41が挟まれていてもよい。この場合、1つのPN有機接合体41の場合と比較して、最大静電容量および初期静電容量値を調整しやすいという利点がある。一対の基板1、9の間に挟まれる2つ以上のPN有機接合体41とそれを挟む各電極2、6とからなるコンデンサは、並列に接続されてもよく、直列に接続されてもよい。また、直列に接続された複数列のコンデンサを並列に接続してもよい。



【0067】さらに、P型有機化合物半導体層41上に、以下の化8に示されるトリス(8-キノリノレート)アルミニウムを蒸着により、厚み $50 \pm 2.5$  nm、幅1.7 mm、奥行1.8 mmのN型有機化合物半導体層42を、P型有機化合物半導体層41に完全に重なるように積層した。このようにして、有機PN接合体41を形成した。なお、図1(b)のように、P型有機化合物半導体層41の一側面をトリス(8-キノリノレート)アルミニウムにより被覆した。

【0068】

【化8】

【0063】

【実施例】以下、本発明を実施例と共に詳細に説明するが、以下の実施例は特許請求の範囲に記載された本願発明を例示するためにのみ用いられるべきであり、特許請求の範囲に記載された本願発明の趣旨を限定するために用いられてはならない。

【0064】(実施例1)

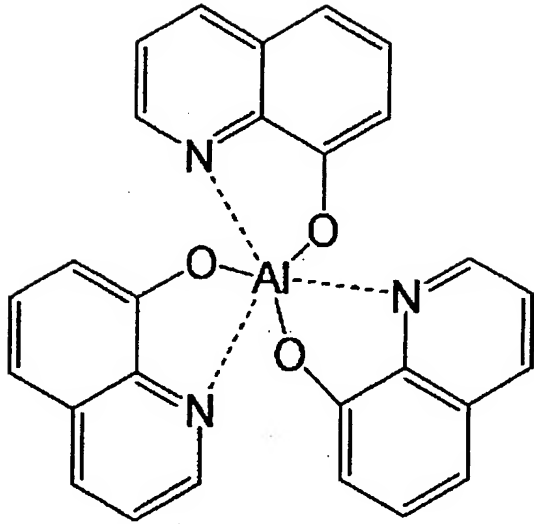
(実施例1)

(可変容量コンデンサの作製) 厚み0.5 mm、幅2.5 mm、奥行3.2 mmである硼珪酸ガラスからなる基板1の一方の面上に、面積抵抗値が $9 \pm 1 \Omega/\square$ であるインジウム錫酸化物をスパッタにより第1電極2および引出電極3を形成した。第1電極2の幅は2.3 mm、奥行は2.5 mmであり、引出電極3の幅は0.7 mm、奥行は2.5 mmであり、第1電極2および引出電極3の間には幅0.2 mmの間隔を帯状に形成することにより、第1電極2および引出電極3を互いに絶縁した。

【0065】次に、第1電極2上に、以下の化7に示されるポリトリフェニルアミン化合物を蒸着により、厚み $50 \text{ nm} \pm 2.5 \text{ nm}$ 、幅1.7 mm、奥行1.8 mmのP型有機化合物半導体層41を積層した。このとき、図1(b)に示すように、第1電極2の一側面をポリトリフェニルアミン化合物により被覆した。

【0066】

【化7】



【0069】次に、N型有機化合物半導体層42上に $4 \pm 1$ 重量%のリチウムと $96 \pm 1$ 重量%のアルミニウムとを同時蒸着することにより、面積抵抗値が $0.7 \pm 0.1 \Omega/\square$ 、厚みが $150 \text{ nm}$ 、幅が $1.7 \text{ mm}$ 、奥行きが $1.8 \text{ mm}$ の第2電極6を積層した。また、蒸着の際には、形成される第2電極6と引出電極3とが電気的に接続するように、第2電極6から、半導体層5の側面、トリス(8-キノリノラート)アルミニウムに被覆された半導体層4の側面、およびポリトリフェニルアミン化合物により被覆された第1電極2の側面にかけてもリチウムとアルミニウムとを同時蒸着した。なお、第1電極2の側面は、第1電極2および引出電極3の間の中央部から第1電極2の側面までにかけて硬化したポリトリフェニルアミン化合物により絶縁されている。第2電極6上には、酸化ゲルマニウムからなる厚み $200 \text{ nm}$ の保護層7を蒸着により積層した。

【0070】一方、水添ビスフェノールA型エポキシ樹脂に当量の変性フタル酸無水物(水素添加芳香族酸無水物)を混合した硬化剤とイミダゾール系反応開始剤とからなり、粘度が $0.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の室温硬化型エポキシ樹脂に、粒径が $10 \pm 2 \mu\text{m}$ の球状シリカを1重量%分散させた接着剤を、厚みが $0.5 \text{ mm}$ 、幅が $2.9 \text{ mm}$ 、奥行きが $2.5 \text{ mm}$ の珪酸ガラスからなる第2基板9の周囲に塗布し、 $70^\circ\text{C}$ の窒素ガス雰囲気下で有機PN接合体41等を積層した第1基板1にこの第2基板9を貼り合わせて加圧して、接着剤を熱硬化させることにより可変容量コンデンサを得た。なお、接着剤は自己発熱したが、 $70^\circ\text{C}$ の窒素ガス雰囲気下であったため、接着剤は一度に硬化した。

【0071】(可変容量コンデンサの評価) 得られた可変容量コンデンサの静電容量の電圧による変化を図2(a)に示す。電圧変化の測定においては、インジウム錫酸化物からなる幅 $2.3 \text{ mm}$ の第1電極2を陽極とし、幅 $0.7 \text{ mm}$ の引出電極3を陰極とした。図2

(a)に示されるように、 $-2.5 \text{ V}$ から $+2.5 \text{ V}$ の範囲の電圧を印加すると、約 $500 \text{ pF}$ から約 $1150 \text{ pF}$ まで静電容量がリニアに変化した。さらに温度 $60^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $95\%$ 、印加電圧 $+2.5 \text{ V}$ の条件下、連続通電 $300$ 時間後の静電容量の変化率は $\pm 1\%$ 以内であり、非常に優れた耐湿性を示した。また、温度 $70^\circ\text{C}$ の条件下、 $+2.5 \text{ V}$ の印加電圧を $3000$ 時間かけて連続通電した後に、 $-2.5 \text{ V}$ から $+2.5 \text{ V}$ の範囲の電圧を印加しても、約 $550 \text{ pF}$ から約 $1100 \text{ pF}$ まで静電容量がリニアに変化し、非常に優れた耐久性を示した。

【0072】同様に、温度 $70^\circ\text{C}$ の条件下、 $+4.8 \text{ V}$ の印加電圧を $3000$ 時間かけて連続通電した後に、 $-2.5 \text{ V}$ から $+2.5 \text{ V}$ の範囲の電圧を印加しても、約 $600 \text{ pH}$ から約 $1000 \text{ pH}$ まで静電容量がリニアに変化した。このとき、幅 $2.3 \text{ mm}$ の第1電極2を陰極として電圧を印加した場合の損失角は、印加電圧が $0 \text{ V}$ の場合には $1.9\%$ であり、印加電圧が $2.5 \text{ V}$ の場合には $0.86\%$ であった。一方、第1電極2を陽極として $1.6 \text{ V}$ の電圧を印加した場合の損失角は $4.52\%$ であったが、回路上問題とならない低損失であった。さらに、周波数 $1 \text{ kHz}$ の交流電圧( $1 \text{ V}$ )を印加した際を基準として、周波数 $100 \text{ kHz}$ の交流電圧( $1 \text{ V}$ )を印加した際の静電容量変化率は約 $-1.6\%$ であり、高周波の交流電圧を印加した場合であっても良好な特性が維持されることが理解された。

【0073】(実施例2) 次に図3の本発明の別な実施例について説明する。

(可変容量コンデンサの作製)

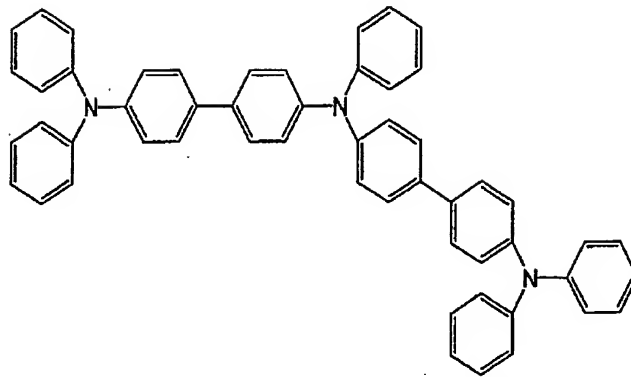
【0074】(実施例2) 次に図3の本発明の別の実施例について説明する。

(可変容量コンデンサの作製) 図3において、厚み $1.1 \text{ mm}$ のアルミノシリケートガラスからなる第1基板1の一方の面上に、面積抵抗値が $0.7 \Omega/\square$ である金からなる第1電極2ならびに引出電極3aおよび3bを積層した。第1電極2の厚みは $200 \text{ nm}$ 、幅は $44.7 \text{ mm}$ 、奥行き $70.0 \text{ mm}$ であった。引出電極3aの厚みは $200 \text{ nm}$ 、幅は $5.0 \text{ mm}$ 、奥行き $34.85 \text{ mm}$ であった。引出電極3bの厚みは $200 \text{ nm}$ 、幅は $5.0 \text{ mm}$ 、奥行き $34.85 \text{ mm}$ であった。また、第1電極2と引出電極3aとの間(図3(b)参照)は $0.5 \text{ mm}$ であり、同様に第1電極2と引出電極3bとの間(図3(a)参照)も $0.5 \text{ mm}$ であった。

【0075】次に、第1電極2上に、以下の化9で示されるポリトリフェニルアミン化合物を蒸着により、厚み $100 \pm 5 \mu\text{m}$ 、幅 $30 \text{ mm}$ 、奥行き $31.85 \text{ mm}$ のP型有機化合物半導体層41を2つ積層した。このとき、第1電極2の一側面をポリトリフェニルアミン化合物により被覆した。

【0076】

## 【化9】

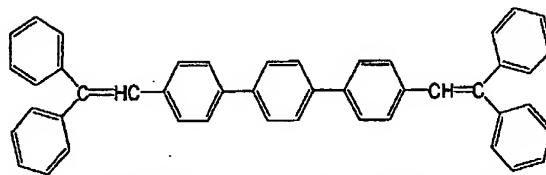


【0077】さらに、2つのP型有機化合物半導体層41上のそれぞれに、以下の化10に示される4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)テルフェニルを蒸着して、厚み $100 \pm 5 \mu\text{m}$ 、幅30mm、奥行31.85mmのN型有機化合物半導体層42を、P型有機化合物半導体層41に完全に重なるように積層した。このようにして、有機PN接合体4を形成した。このとき、

P型有機化合物半導体層41の一側面を4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)テルフェニルにより被覆した。なお、この被覆の際、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)テルフェニルが引出電極3a・3bに接触しないように注意した。

【0078】

【化10】



【0079】次に、2つのN型有機化合物半導体層42上のそれぞれに0.2±0.1重量%のリチウムと99.8±0.1重量%のアルミニウムとを同時蒸着することにより、面積抵抗値が $0.7 \pm 1 \Omega/\square$ 、厚みが300nm、幅が31.15mm、奥行が30.85mmの対向電極6a・6bを積層した。また、蒸着の際には、形成される対向電極6aと引出電極3aとが、対向電極6bと引出電極3bとがそれぞれ電氣的に接続するように、対向電極6a・6bから、半導体層42の側面、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)テルフェニルに被覆された半導体層41の側面、およびポリトリフェニルアミン化合物により被覆された第1電極2の側面にかけてもリチウムとアルミニウムとを同時蒸着した。対向電極6a・6b上には、二酸化シリコンからなる厚み200nmの保護層7を蒸着により積層した。

【0080】一方、粒径が $20 \pm 5 \mu\text{m}$ の0.2重量%の球状シリカ、および2重量%のラウロイルパーオキシドを含有する紫外線硬化型接着剤(主成分：エポキシアクリレート)を、厚み1.1mm、幅36mm、奥行70mmのアルミノシリケートガラスからなる第2基板9の周囲に塗布し、有機PN接合体4等を積層した第1基板1にこの第2基板9を貼り合わせて加圧して、接着剤に紫外線を照射させて硬化した後、さらに80℃に加

熱して接着剤を二次硬化させて可変容量コンデンサを得た。

【0081】(可変容量コンデンサの評価) 得られた可変容量コンデンサは、小さな可変容量コンデンサが2個並列に接続された3端子コンデンサであり、電圧による静電容量の変化は2個共に第1電極2を陽極、引出電極3a・3bを陰極として、-2.5Vから+2.5Vまで範囲で電圧を印加すると、約80000pFから約183000pFまで静電容量がリニアに変化した。また、共振周波数での等価直列抵抗は0.1Ω以下となり優れた性能を示した。

【0082】細長い基板1, 9を用いることにより、このような可変容量コンデンサを横一列に数個から数十個形成することもでき、かつそれぞれの初期の静電容量値を全く同じにすることも異なることにすることもできる。また、大面積の基板1上に、一対の電極2, 6に挟まれた有機PN接合体4を40000個、マトリックス状に配置した可変容量コンデンサや、いくつかの端子を共通にして静電容量値を10倍から100倍にした可変容量コンデンサでも同様の良好な特性が得られた。

【0083】

【発明の効果】本発明に係る可変容量コンデンサによれば、低い直流印加電圧により静電容量を変化させることができ、低損失で周波数特性が良好な可変容量コンデン

サが提供される。従来のトリマブルコンデンサと異なり、本発明に係る可変容量コンデンサは、印加電圧を大きくさせることにより、静電容量値を大きくすることも可能である。さらに、PN接合を利用した無機ダイオードと異なり、初期静電容量値を大きくすることもできる。さらに、従来の可変容量コンデンサと比較して、本発明に係る可変容量コンデンサは非常に小さく、特に携帯電話、ノート型パソコン等の携帯用機器内に用いられる可変容量コンデンサとして最適である。

【0084】また、ドーピングに用いられる化合物や、電極2、6および/または有機PN接合体4の厚みを変更することにより、静電容量の範囲を変化させることができるため、様々な要求に応えることが可能である。具体的には、最大静電容量値は膜厚等を調節することにより、 $1\text{ cm}^2$ 当り $17000\text{ pF}$ から $60000\text{ pF}$ まで任意に選ぶことができるだけでなく、電極2、6および/または有機PN接合体4の面積を変更することにより、 $10\text{ pF}$ から $10\text{ }\mu\text{F}$ を超える範囲まで任意の初期静電容量値を有する可変容量コンデンサを提供することができる。

【0085】本発明に係る可変容量コンデンサは、静電容量値が増加する方向に $5\text{ V}$ を超える過電圧が瞬時に印加された場合であっても自己回復性を有する。また、温度 $60^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $95\%$ の温湿度環境下に $300$ 時間放置しても静電容量が全く変動しない。さらに、図3に示すように、一対の基板1、9の間に複数個の可変容量コンデンサを備えた可変容量コンデンサ装置では、実回路上における初期静電容量値を、必要に応じて $1$ 桁以上変更することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明に係る可変容量コンデンサの平面図

(b)は図1(a)のA-A'線断面図

【図2】(a)は、本発明に係る可変容量コンデンサの静電容量の変化を示すグラフ

(b)は、半導体層41、42の厚みを異ならせた場合の静電容量の変化を示すグラフ

【図3】(a)は本発明に係る他の可変容量コンデンサの平面図

(b)は図3(a)のA-A'線断面図

(c)は図3(a)のB-B'線断面図

【図4】複数個のレーザートリマブルコンデンサをマトリックス状に並べるようにして基板回路に組み込んだ平面図

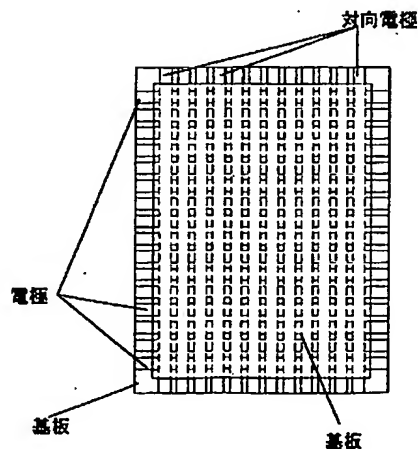
【図5】(a)は従来のレーザートリマブルコンデンサの上図

(b)は図5(a)のA-A'断面図

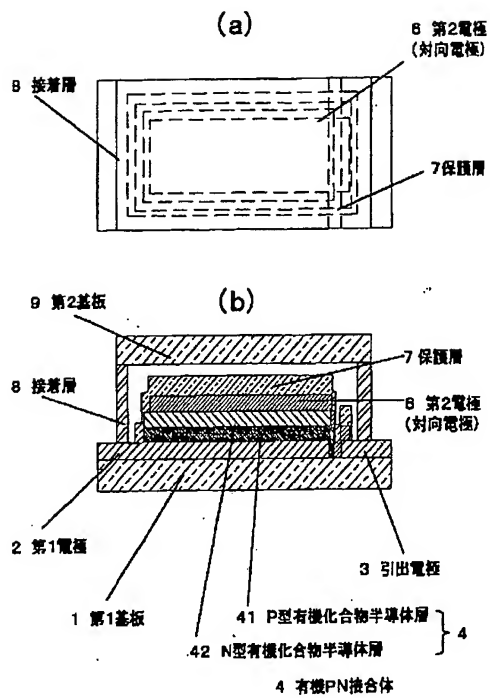
#### 【符号の説明】

- 1 第1基板
- 2 第1電極
- 3 引出電極
- 4 有機PN接合体
- 41 P型有機化合物半導体層
- 42 N型有機化合物半導体層
- 6 第2電極
- 7 保護層
- 8 接着層
- 9 第2基板

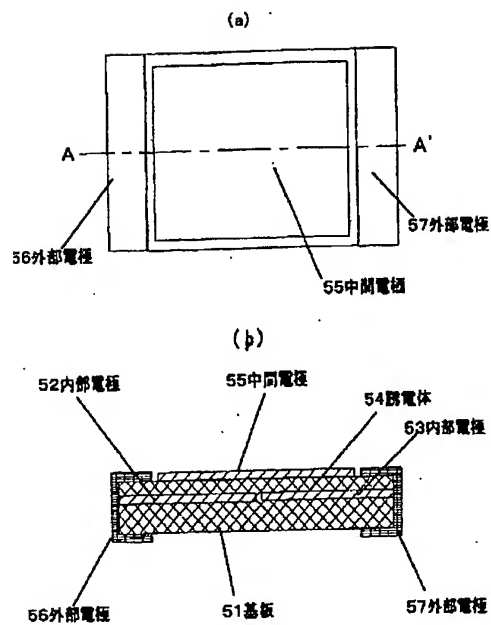
【図4】



【図1】



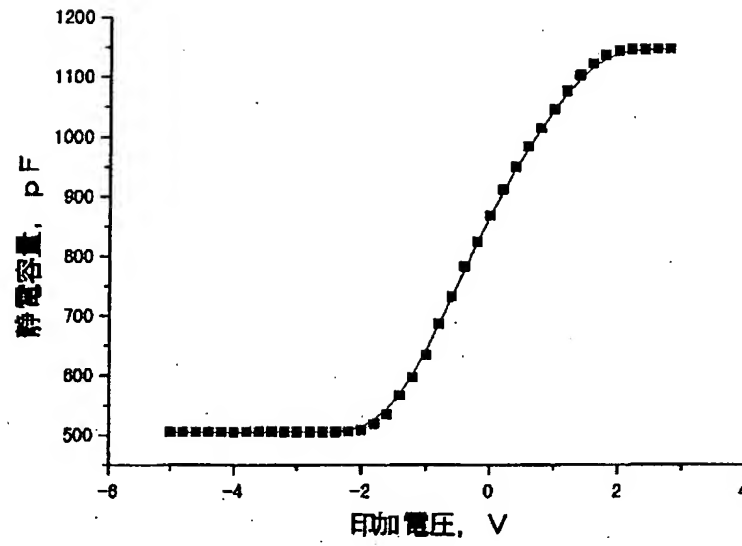
【図5】



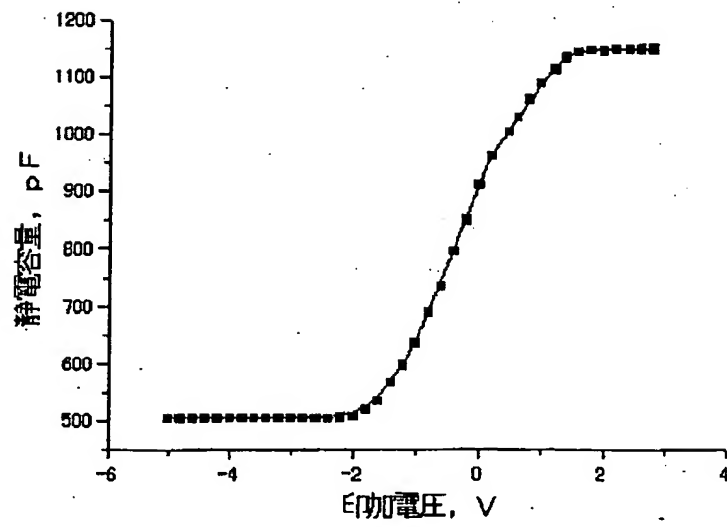


【図2】

(a)



(b)



【図3】

